

PENERAPAN ALGORITMA SPECTRAL ANGLE MAPPER (SAM) UNTUK KLASIFIKASI LAMUN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT WORLDVIEW-2 (SPECTRAL ANGLE MAPPER (SAM) ALGORITHM APPLICATION FOR SEAGRASS CLASSIFICATION USING WORLDVIEW-2 SATELLITE IMAGERY)

Nunung Noer Azilzah*)¹, Vincentius Paulus Siregar), Syamsul Bahri Agus**)**

***) Mahasiswa Program Studi Teknologi Kelautan, Sekolah Pascasarjana IPB**

****) Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor**

Jl. Lingkar Akademik, Kampus IPB Dermaga, Bogor Indonesia

¹e-mail: nunungnoeraziizah@yahoo.com

Diterima 28 Oktober 2016; Direvisi 2 Desember 2016; Disetujui 9 Desember 2016

ABSTRACT

Remote sensing technology has been developed for monitoring and identification of coastal environment and resources, such as seagrasses. In Indonesia, particularly seagrass mapping spectrometer utilizing spectral library has not been done. This study aimed to determine the spectral signature based in situ measurement and image analysis, analyze the implementation of the algorithm Spectral Angle Mapper (SAM) and test accuracy in mapping seagrass to species level based on spectral libraries. Research conducted in seagrass Tunda Island, Banten. Satellite imagery used is WorldView-2 and the seagrass spectral reflectance was measured using a spectrometer USB4000. SAM classification algorithm utilizing spectral libraries and classify objects in a single pixel can be homogeneous. Classification results in the form of class *Enhalus acoroides*, *Cymodocea rotundata*, *Thalassia hemprichii*, and *Halophila ovalis*. The resulting accuracy of 35.6%. The area of each class is 0.8 hectares for the class *Cymodocea rotundata*, 2.79 hectares for *Enhalus acoroides*, class *Thalassia hemprichii* 3.7 hectares, and 3.5 hectares for *Halophila ovalis*. Classification of seagrass to species level yet produce good accuracy. Seagrass area with a variety of species and number of channels on a multispectral satellite image is assumed to be the cause of the low value of accuracy.

Keywords: *Spectral Signature, SAM, Seagrass, Tunda Island*

ABSTRAK

Pemanfaatan teknologi satelit penginderaan jauh (*remote sensing*) sangat berkembang untuk identifikasi dan memantau sumberdaya alam wilayah pesisir, seperti lamun. Di Indonesia khususnya pemetaan lamun memanfaatkan pustaka spektral dari spektrometer belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran spektral lamun berdasarkan pengukuran *in situ* dan analisis citra satelit, memetakan lamun hingga tingkat spesies berdasarkan pustaka spektral pengukuran *in situ* dengan penerapan algoritma SAM dan menguji tingkat akurasi. Penelitian dilaksanakan di ekosistem lamun Pulau Tunda, Banten. Citra satelit yang digunakan adalah WorldView-2 dan reflektansi spektral lamun diukur menggunakan spektrometer USB4000. Algoritma klasifikasi SAM memanfaatkan pustaka spektral dan mengelaskan obyek dalam satu piksel secara homogen. Hasil klasifikasi berupa kelas lamun *Enhalus acoroides*, *Cymodocea rotundata*, *Thalassia Hemprichi*, dan *Halophila ovalis*. Akurasi yang dihasilkan sebesar 35.6 %. Luas area masing-masing kelas adalah 0.8 Ha untuk kelas *Cymodocea rotundata*, 2.79 Ha untuk kelas *Enhalus acoroides*, 3,7 Ha kelas *Thalassia hemprichii*, dan 3.5 Ha untuk *Halophila ovalis*. Klasifikasi lamun hingga tingkat spesies belum menghasilkan akurasi yang baik. Area lamun dengan jenis yang beragam dan jumlah saluran pada citra satelit multispektral diasumsikan menjadi penyebab rendahnya nilai akurasi.

Kata kunci: *Pustaka Spektral, SAM, Lamun, Pulau Tunda*

1 PENDAHULUAN

Lamun (*seagrass*) merupakan tumbuhan berbunga (*Angiospermae*) yang memiliki rhizoma, daun, dan akar sejati. Hidup terendam di dalam laut dengan adaptasi secara penuh di perairan yang salinitasnya cukup tinggi (Azkab, 2000). Ekosistem lamun memiliki peran penting dalam ekologi kawasan pesisir, karena menjadi habitat berbagai biota laut termasuk menjadi tempat mencari makan (*feeding ground*) (Bortone, 2000). Peran lain dari padang lamun adalah sebagai pendaur zat hara, menstabilkan dan menahan sedimen yang dibawa oleh arus dan gelombang. Selain manfaat tersebut, dalam beberapa tahun terakhir ini dilakukan penelitian mengenai peran padang lamun sebagai salah satu penyerap emisi karbon di perairan laut (Kiswara, 2010).

Penginderaan jauh merupakan teknologi penting dalam inventarisasi dan monitoring sumberdaya alam secara spasial, dan penggunaannya terus meningkat untuk pemanfaatan sumber informasi dalam berbagai bidang luasan dari berbagai bentuk habitat dan tipe substrat dasar perairan (Green *et al.*, 2000; Tamondong *et al.*, 2013). Interaksi fisis gelombang elektromagnetik yang

mengenai suatu obyek dapat berupa pemantulan (refleksi), penyerapan (absorpsi), dan penerusan (transmisi). Sistem penginderaan jauh satelit mempunyai kepekaan terhadap respon spektral obyek sehingga dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi spektral obyek sebagai dasar terbentuknya data penginderaan jauh. Di Indonesia khususnya pemetaan lamun memanfaatkan pustaka spektral dari spektrometer belum banyak dilakukan. Pustaka spektral merupakan informasi mengenai karakteristik pantulan atau pancaran elektromagnetik dari reflektansi spektral masing-masing obyek yang diukur secara *in situ* (Martínez *et al.*, 2006).

Kajian mengenai spektral lamun banyak berkembang secara *in situ* yaitu dilakukan dekat dengan obyek pada jarak 2-10 cm sehingga tidak terdapat gangguan atmosferik maupun kolom perairan (Fyfe, 2003, Fyfe, 2004; Pu *et al.*, 2012; Tamondong *et al.*, 2013). Berbeda dengan *in situ*, analisis citra dilakukan untuk memperoleh nilai reflektansi dari piksel (Lyons *et al.*, 2011). Pengukuran spektral secara *in situ* dilakukan dengan bantuan spektrometer dapat merekam pantulan gelombang elektromagnetik dari obyek.

Reflektansi citra menggambarkan berbagai obyek didalamnya tanpa melakukan pengukuran langsung (Helmi *et al.*, 2012).

Pengukuran spektral lamun secara *in situ* dilakukan untuk membuat pustaka spektral sebagai kunci dalam klasifikasi. Seperti yang diketahui bahwa reflektansi spesies lamun memiliki perbedaan disebabkan adanya variasi pigmen dan fungsi anatomi daun (struktur internal, serat, dan lain-lain) (Durako, 2007), maka penelitian ini dilakukan untuk memberikan informasi kurva reflektansi spektral jenis lamun hasil pengukuran *in situ* dan menghasilkan klasifikasi lamun hingga tingkat spesies.

Klasifikasi citra merupakan proses mengelompokkan piksel kedalam kelas-kelas tertentu berdasarkan nilai kecerahan piksel (*brightness value/ BV/ digital number*) pada citra (Danoedoro, 2012). Penerapan metode klasifikasi berbasis piksel diharapkan menghasilkan akurasi pemetaan yang baik. Dalam penelitian ini, metode yang menjadi pilihan untuk klasifikasi citra berbasis piksel adalah algoritma *Spectral Angle Mapper* (SAM) dengan penerapan pustaka spektral pengukuran *in situ*.

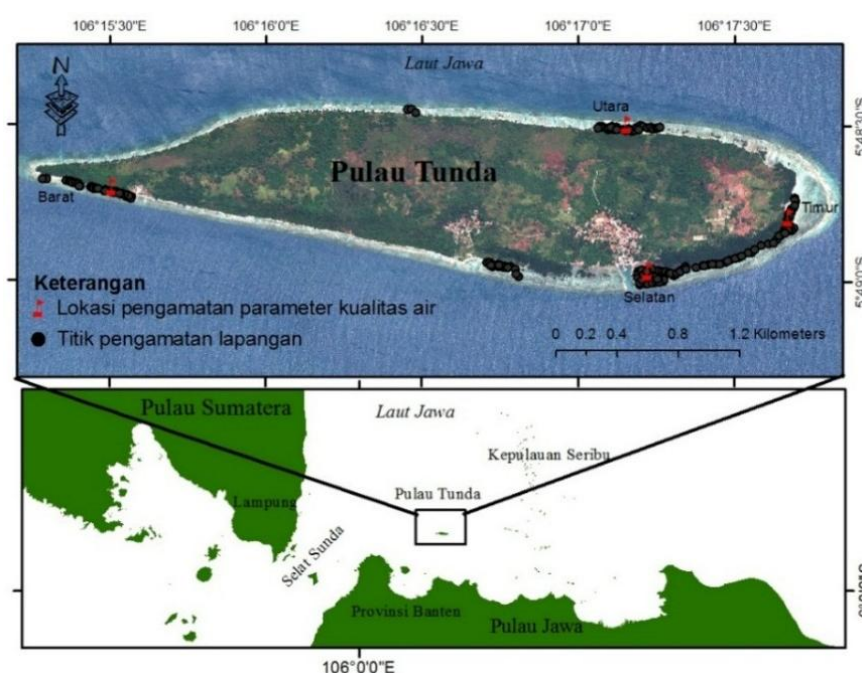
Algoritma SAM menentukan

kesamaan spektral antara dua spektrum dengan menghitung sudut antara kedua spektrum, dengan asumsi keduanya sebagai vektor dalam ruang dengan dimensi yang sama dengan jumlah saluran (Rashmi *et al.*, 2014). Klasifikasi lamun secara umum dilakukan untuk menghasilkan kelas lamun dan non lamun. Penerapan algoritma klasifikasi SAM dilakukan untuk klasifikasi lamun hingga tingkat spesies menggunakan pustaka spektral pengukuran *in situ*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran spektral lamun berdasarkan pengukuran *in situ* dan analisis citra satelit, memetakan lamun hingga tingkat spesies berdasarkan pustaka spektral pengukuran *in situ* dengan penerapan algoritma SAM dan menguji tingkat akurasi.

2 METODOLOGI

2.1 Lokasi dan Data

Pengamatan dan pengukuran reflektansi dilaksanakan di ekosistem lamun Pulau Tunda Kabupaten Serang pada Agustus 2014 dan dilanjutkan Maret 2015. Secara geografis lokasi penelitian terletak antara 5° 48' 15" – 50 49' 30" LS dan 106° 15' 00" - 1060 - 1060 17' 30"BT (Gambar 2-1).



Gambar 2-1: Lokasi penelitian dan titik pengamatan lapangan menggunakan data WorldView-2 RGB 432

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra *worldview-2* akuisisi 25 Agustus 2013 dengan sistem proyeksi koordinat UTM zona 48S-WGS84. Karakteristik citra *worldview-2* terdiri dari delapan saluran multispektral (*coastal, blue, green, yellow, red, red-edge, NIR1* dan *NIR2*) dengan resolusi spasial 1.85 m² dan pankromatik dengan resolusi spasial 0.46 m² (Globe, 2009). Citra satelit yang digunakan adalah hasil akuisisi 25 Agustus 2013 dan pengukuran spektral lamun dilakukan 25 Agustus 2014.

Terdapat perbedaan waktu antara perekaman spektral citra satelit dan pengukuran spektral spektrometer. Berdasarkan pertumbuhan lamun, tidak terdapat perbedaan signifikan luasan lamun dalam jangka waktu satu tahun (Christon *et al.*, 2012), sehingga luasan lamun yang terklasifikasi dapat menggambarkan kondisi di lapangan. Pengukuran spektral reflektansi dilakukan dengan bantuan spektrometer USB4000 yang memiliki rentang panjang gelombang antara 380-1100 nm dengan resolusi optik ~0,3 (FWHM) dan lensa optik 22° (Optic, 2009).

2.2 Metode Penelitian

2.2.1 Standarisasi data

Citra satelit yang digunakan telah terkoreksi geometrik dan memiliki acuan sistem koordinat. Proses pra pengolahan citra bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra melalui koreksi atmosferik. Koreksi atmosferik dengan perangkat lunak pengolahan citra menggunakan modul *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercube* (FLAASH) (Felde *et al.* 2003). FLAASH yang bekerja dengan kode *Moderate Resolution Atmospheric Transmission* (MODTRAN4) dapat menganalisis pengaruh atmosfer dari saluran tampak hingga inframerah pada citra multispektral (Felde *et al.*, 2003). Parameter FLAASH yang digunakan terdiri dari file *input* dan *output* FLAASH, karakteristik sensor yang digunakan dan model atmosfer.

Pengolahan awal klasifikasi yaitu proses segmentasi terhadap *Input Image Layer* (IIL) yang merupakan saluran multispektral citra *WorldView-2* (*coastal, blue, green, yellow, red, red-edge, NIR-1* dan *NIR-2*). Metode klasifikasi berbasis piksel sebelumnya memiliki kelemahan yaitu banyak mengabaikan hubungan spasial. Untuk mengatasi kelemahan ini, segmentasi digunakan dengan tujuan mengelompokkan informasi dalam piksel yang bersifat homogen. Segmentasi merupakan proses yang sama dengan deliniasi poligon untuk sampel klasifikasi.

Parameter segmentasi terdiri dari tiga parameter, yaitu: *shape, compactness*, dan *scale*. Nilai yang digunakan oleh parameter *shape* dan *compactness* berkisar 0-1. Faktor *shape* mengatur homogenitas spektral dan bentuk objek. Faktor *compactness* menyeimbangkan kekompakan dan kehalusan, menentukan bentuk obyek antara batas yang halus dan tepi yang kompak. Parameter *scale* mengatur ukuran obyek yang sesuai dengan kebutuhan pengguna berdasarkan tingkat kedetailan dan merupakan parameter kunci dalam segmentasi citra. Keputusan nilai skala tergantung pada ukuran obyek yang dibutuhkan (Myint *et al.*, 2011).

2.2.2 Analisis reflektansi spektral lamun

Reflektansi lamun diukur dengan cara mengarahkan probe dari spektrometer pada bagian permukaan daun dengan sudut pengukuran reflektansi 45° dengan jarak kurang lebih 2-5 cm dari obyek, pengukuran spektral dilakukan pada pukul 10.00 – 14.00 WIB, selanjutnya menyimpan hasil pengukuran reflektansi yang telah terekam oleh spektrometer dalam bentuk *.txt atau *.Prospec (Optic, 2009). Pengukuran spektral dilakukan tiga kali pengulangan pada saat kondisi perairan tenang dan cuaca cerah agar hasil yang didapat sedikit gangguan dan maksimal.

Pengukuran spektral *in situ* menghasilkan nilai intensitas yang di

potong pada panjang gelombang 400 - 900 nm dengan interval antar panjang gelombang yaitu satu nm. Filterisasi terhadap *raw* data dengan melakukan *smoothing* data dengan metode *moving average* (rata-rata bergerak). Pustaka spektral diperoleh dari proses analisis yang mengacu pada Optic (2009), dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R = \frac{S_{\lambda} - D_{\lambda}}{R_{\lambda} - D_{\lambda}} \times 100\% \quad (2-1)$$

Keterangan:

R = Reflektansi (%)

S_{λ} = Intensitas sampel (*counts*)

D_{λ} = Intensitas dark (*counts*)

R_{λ} = Intensitas *reference* (*counts*)

2.2.3 Klasifikasi

Penerapan algoritma klasifikasi SAM dilakukan untuk klasifikasi lamun hingga tingkat spesies menggunakan pustaka spektral pengukuran *in situ*. Persamaan yang digunakan pada algoritma SAM adalah:

$$\alpha = \cos^{-1} \left[\frac{\sum_{i=1}^{nb} t_i r_i}{(\sum_{i=1}^{nb} t_i^2)^{1/2} (\sum_{i=1}^{nb} r_i^2)^{1/2}} \right] \quad (2-2)$$

Dimana nb merupakan jumlah saluran pada citra, t adalah spektral piksel, r adalah spektral referensi (pustaka spektral pengukuran *in situ*), dan α merupakan sudut spektral. Proses klasifikasi citra dengan algoritma SAM adalah sebagai berikut:

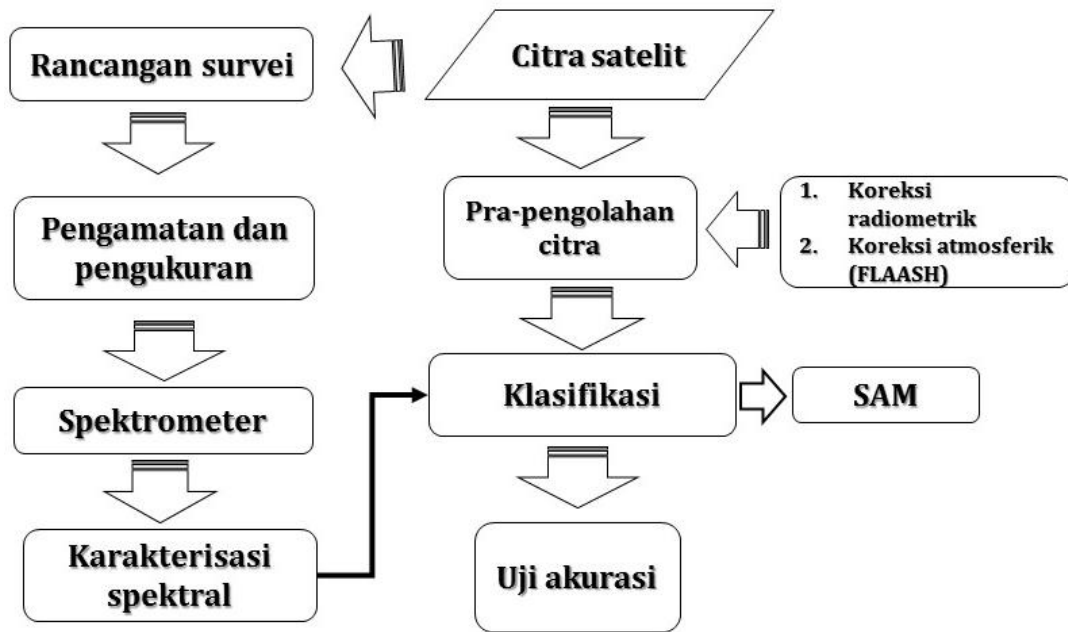
- Mendelineasi poligon lamun berdasarkan data pengukuran lapangan pada hasil segmentasi.
- Membuat pustaka spektral berupa kurva reflektansi jenis lamun.
- Poligon lamun pada citra dengan 8 saluran diklasifikasi menggunakan algoritma SAM yang memanfaatkan pustaka spektral untuk mengklasifikasi lamun.

Hasil klasifikasi dengan SAM memberikan keterangan bahwa setiap kelas yang terbentuk mewakili obyek yang dominan dalam satu piksel dan dikatakan *unclassified* (tidak terkelaskan) jika tidak tergabung dalam satu kelas (Kutser *et al.*, 2006, Kamal dan Arjasakusuma, 2010). Parameter klasifikasi SAM adalah menentukan sudut (*radian angle*) dan pustaka spektral *in situ*. Sudut spektral yang memiliki nilai akurasi optimal ditentukan berdasarkan perhitungan sudut pada persamaan 2-2.

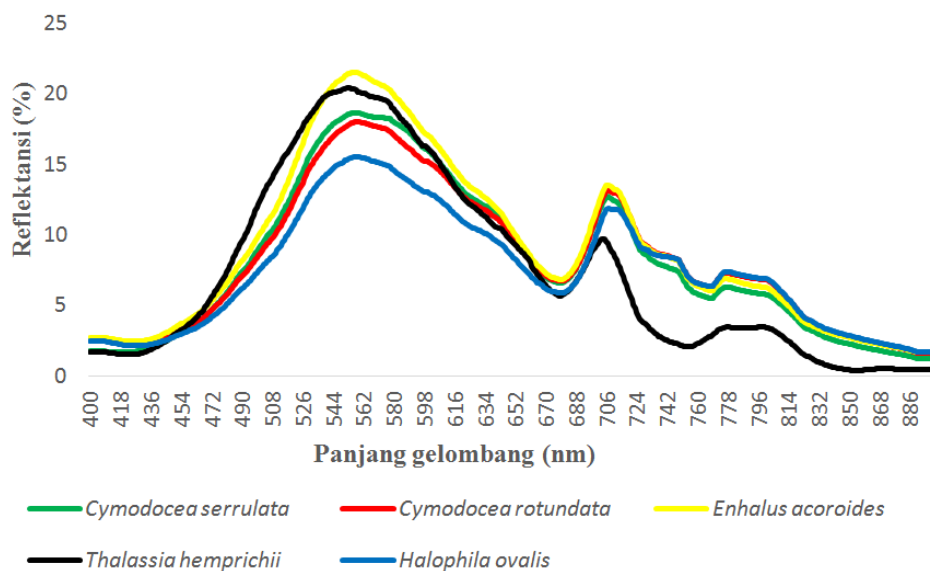
Penelitian meliputi dua aspek disajikan pada Gambar 2-2, yakni analisis spektral berdasarkan hasil pengukuran reflektansi lamun dengan spektrometer dan analisis spektral berdasarkan citra satelit *WorldView-2*. Dilakukan pra pengolahan pada citra satelit berupa koreksi atmosferik. Hasil pengukuran spektrometer memberikan informasi tentang karakterisasi spektral yang dapat dijadikan pustaka spektral digital. Proses selanjutnya adalah klasifikasi lamun dari citra satelit berdasarkan data *in situ* berupa sebaran jenis lamun dan reflektansi spektral. Penelitian menerapkan teknik klasifikasi citra berbasis piksel menggunakan algoritma SAM dengan penerapan pustaka spektral *in situ*. Akurasi keseluruhan dari hasil klasifikasi selanjutnya di uji akurasi untuk mengetahui berapa besar akurasi hasil klasifikasi untuk pemetaan lamun di Pulau Tunda.

2.2.4 Uji Akurasi

Uji akurasi yang umum dilakukan pada data hasil klasifikasi penginderaan jauh adalah matrik kesalahan (*error matrix/confusion matrix*) dengan perhitungan akurasi keseluruhan (OA), *producer accuracy* (PA), *user accuracy* (UA). Hal ini dilakukan terhadap peta hasil klasifikasi untuk mengetahui akurasi dari teknik klasifikasi yang diterapkan (Congalton dan Green, 2008)



Gambar 2-2: Skema pelaksanaan penelitian

Gambar 3-1: Pola reflektansi spektral lima jenis lamun pengukuran *in situ*

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Reflektansi Spektral Lamun

Terdapat lima jenis lamun di lokasi penelitian yakni *Enhalus acoroides*, *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea Serrulata*, *Thalassia hemprichii*, dan *Halophila ovalis*. Lima jenis lamun di Pulau Tunda memiliki kemiripan pola reflektansi spektral (Gambar 3-1). Reflektansi spektral lamun memiliki dua *peak* (puncak) yang berbeda pada panjang gelombang 500-650 nm (saluran hijau) dan di 700-750 nm (saluran merah tepi)

dengan nilai tertinggi 22% di puncak pertama dan 14% di puncak kedua. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Pu *et al.* (2012) dan Fyfe (2003) yang mengukur pola reflektansi spektral lamun dan menunjukkan adanya puncak di panjang gelombang 500 – 650 nm dan 700 – 800 nm.

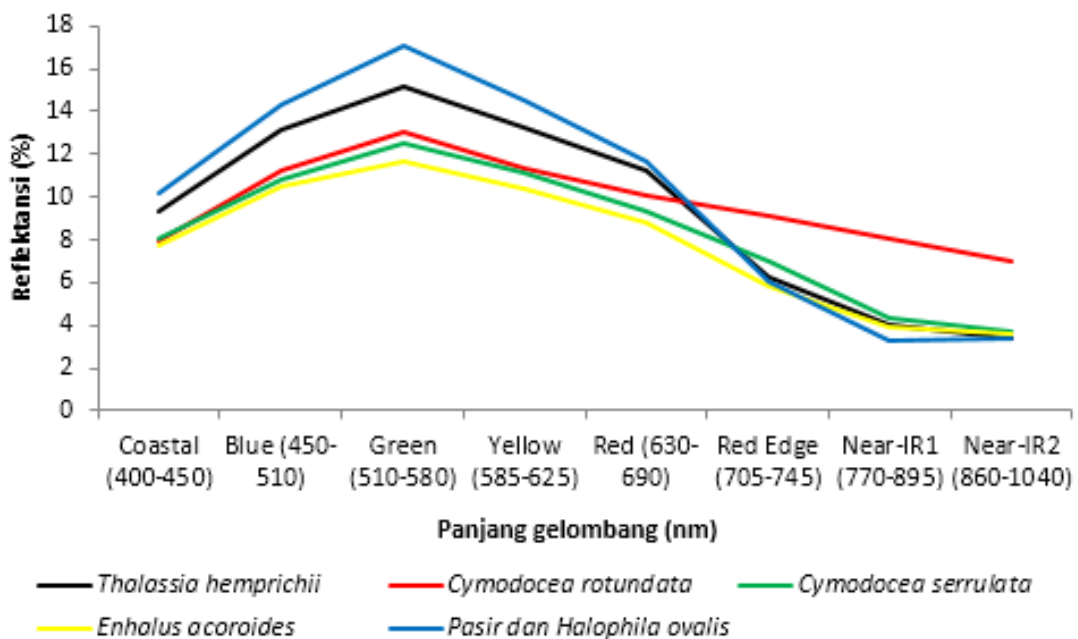
Kesamaan pola spektral tidak menunjukkan lima jenis lamun memiliki nilai yang sama karena pada dasarnya menurut Indarto (2014) reflektansi spektral setiap obyek di permukaan

bumi umumnya unik (bersifat khusus atau khas yang mencirikan obyek) sehingga lima jenis lamun tersebut memiliki nilai yang berbeda dengan cirinya masing-masing. Berdasarkan besaran puncak reflektansi, jenis *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii* memiliki nilai tertinggi dibandingkan jenis lainnya karena sebarannya dominan dan memiliki ukuran ketebalan daun yang lebih tebal. Jenis *Halophila ovalis* memiliki nilai reflektansi terendah karena ukuran daun maupun batangnya lebih kecil dibanding jenis lain (Durako, 2007). Terdapat penurunan nilai spektral lima jenis lamun pada saluran merah karena terjadi penyerapan gelombang elektromagnetik dan meningkat kembali pada saluran merah tepi. Reflektansi lamun meningkat pada saluran merah tepi dan NIR karena saluran tersebut memiliki sensitivitas terhadap vegetasi (Lillesand et al., 2004).

Citra satelit *WorldView-2* merupakan citra multispektral yang memiliki delapan saluran sehingga dapat digunakan dengan baik untuk studi perairan dangkal. Analisa reflektansi dilakukan untuk mengkaji respon spektral citra sebagai dasar identifikasi

karakteristik lamun (Helmi et al. 2011). Spektral reflektansi lamun dari citra satelit *WorldView-2* (Gambar 3-2) memberikan pola yang hampir sama dengan hasil pengukuran *in situ* (Gambar 3-1), bedanya untuk reflektansi lamun dari citra hanya memiliki satu puncak yaitu pada saluran hijau (510 – 580 nm).

Berbeda dengan reflektansi menggunakan spektrometer yang terdapat puncak di saluran merah tepi, pada citra tidak terdapat puncak di saluran tersebut. Menurut Lillesand et al. (2004) saluran merah tepi mendekati inframerah yang radiasi elektromagnetiknya diserap hampir seluruhnya oleh kolom air, sehingga meskipun saluran tersebut sensitif terhadap vegetasi tetapi pengaruh adanya kolom air akan membuat radiasinya habis terserap. Saluran hijau dalam citra satelit *WorldView-2* berada di spektrum 510 – 580 nm dapat digunakan untuk mendeteksi vegetasi yang difokuskan kepada puncak reflektansi. Kombinasi saluran hijau dengan kuning dapat digunakan untuk membedakan berbagai jenis material penyusun dari tanaman dalam vegetasi (Digital Globe, 2009).



Gambar 3-2: Reflektansi spektral lamun dari citra satelit *WorldView-2*

Holden, LeDrew (2001) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa pantulan spektral semakin tinggi pada obyek yang memiliki ukuran besar, keras, kasar, dan berwarna terang. Reflektansi spektral *Halophila ovalis* pada citra satelit banyak dipengaruhi oleh substrat disekitarnya yaitu pasir, karena berdasarkan lokasi pengamatan luas penutupannya sedikit dan substrat didominasi oleh pasir.

3.2 Klasifikasi Lamun dengan Citra Satelit WorldView-2

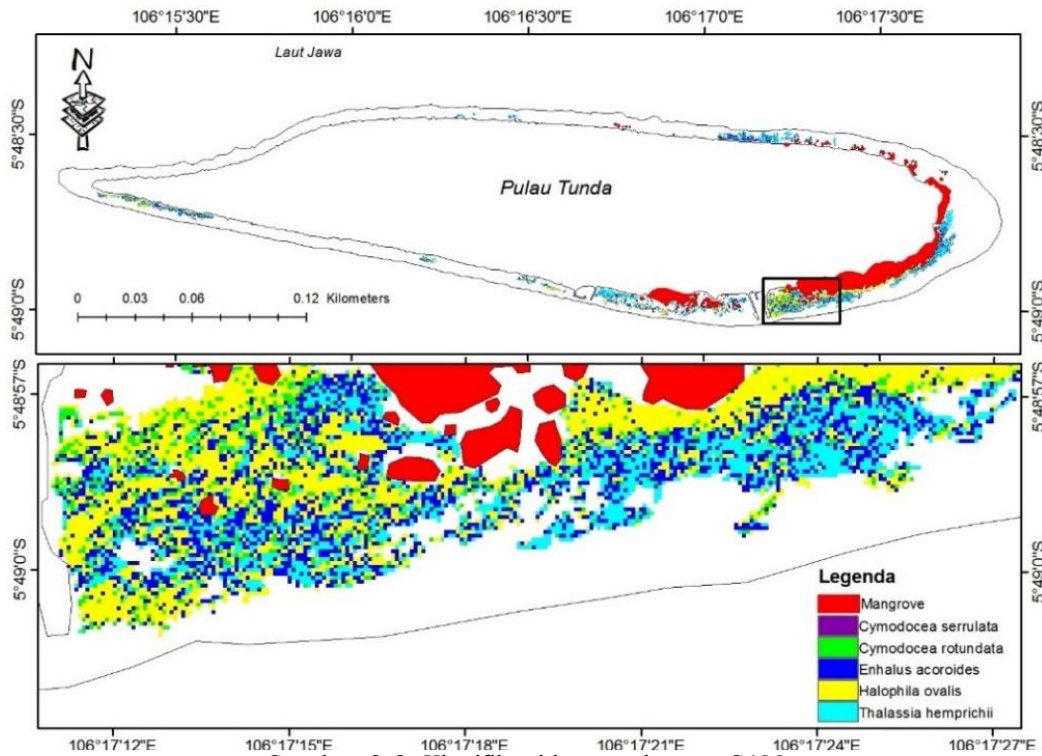
Panjang gelombang pada spektrometer disesuaikan pengelompokkannya

berdasarkan saluran (*band*) pada citra satelit *WorldView-2* (Tabel 3-2). Panjang gelombang dibagi menjadi delapan kelompok saluran dan nilai reflektansi spektral di rata-ratakan berdasarkan kelompok salurannya.

Citra *WorldView-2* dengan 8 saluran diklasifikasi untuk menghasilkan kelas lamun hingga tingkat spesies. Hasil klasifikasi SAM menunjukkan sebaran lamun secara spasial, ditampilkan pada Gambar 3-2. Kelas yang dihasilkan adalah *Cymodocea rotundata*, *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, dan *Halophila ovalis*.

Tabel 3-2: PERBANDINGAN REFLEKTANSI LAMUN *IN SITU* DAN ANALISIS CITRA

	Panjang gelombang (nm)	<i>Cymodocea rotundata</i>	<i>Cymodocea serrulata</i>	<i>Enhalus acoroides</i>	<i>Thalassia hemprichii</i>	<i>Halophilla ovalis</i>
Spektral lamun pengukuran <i>in situ</i>	<i>Coastal</i> (400-450)	1.910	2.506	2.674	1.819	2.326
	<i>Blue</i> (450-510)	6.158	6.003	6.919	7.827	5.282
	<i>Green</i> (510-580)	16.563	15.8022	18.881	18.855	13.642
	<i>Yellow</i> (585-625)	15.487	14.757	16.614	15.525	12.629
	<i>Red</i> (630-690)	9.187	9.088	9.524	8.512	7.843
	<i>Red Edge</i> (705-745)	9.940	10.466	10.612	6.046	9.719
	<i>Near-IR1</i> (770-895)	3.955	4.653	4.434	1.741	4.716
	<i>Near-IR2</i> (860-1040)	1.513	1.946	1.949	0.451	2.030
Spektral lamun analisis citra satelit	<i>Coastal</i> (400-450)	9.353	7.914	8.040	7.767	10.186
	<i>Blue</i> (450-510)	13.127	11.216	10.794	10.516	14.318
	<i>Green</i> (510-580)	15.160	13.048	12.485	11.710	17.103
	<i>Yellow</i> (585-625)	13.298	11.351	11.166	10.381	14.511
	<i>Red</i> (630-690)	11.208	10.105	9.315	8.839	11.625
	<i>Red Edge</i> (705-745)	6.265	9.080	6.976	5.778	6.053
	<i>Near-IR1</i> (770-895)	3.990	8.015	4.396	3.929	3.306
	<i>Near-IR2</i> (860-1040)	3.377	7.043	3.662	3.654	3.351



Gambar 3-3: Klasifikasi lamun dengan SAM

Tabel 3-3: UJI AKURASI METODE SAM PADA 0.6 RADIAN

Data Citra	Data Lapangan					Total	UA
	<i>C. rotundata</i>	<i>C. serrulata</i>	<i>E. acoroides</i>	<i>T. hemprichii</i>	<i>H. ovalis</i>		
<i>C. rotundata</i>	5	4	5	0	2	16	31.2%
<i>C. serrulata</i>	0	0	0	0	0	0	0%
<i>E. acoroides</i>	4	5	18	0	6	33	54.5%
<i>T. hemprichii</i>	15	4	13	1	3	36	2.7%
<i>H. ovalis</i>	4	6	11	1	22	44	50%
Total	28	19	47	2	33	129	
PA	17.8%	0%	38.2%	50%	66.6%		
Overall Accuracy = (46/129) 35.6%							

Diketahui bahwa jenis *Thalassia hemprichii* mendominasi kelas lamun dengan luas terbesar, sedangkan tidak ditemukan jenis *Cymodocea serrulata*. Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dan karakteristik morfologi, jenis *Thalassia hemprichii* merupakan salah satu jenis yang dominan dan memiliki ukuran daun yang cukup tinggi sehingga mudah terdeteksi (Poedjarahajoe et al., 2013). Jenis *Cymodocea serrulata* merupakan lamun yang berada satu genus dengan *Cymodocea rotundata* sehingga dianggap homogen karena besaran reflektansi

yang di analisis tidak berbeda signifikan antar keduanya.

3.3 Uji Akurasi

Sudut spektral yang digunakan pada parameter *multiple* radian adalah 0.6 radian terhadap keseluruhan jenis. Parameter sudut pada klasifikasi SAM dapat dihitung menggunakan persamaan 2-4 maupun percobaan menggunakan berbagai sudut untuk mendapatkan hasil akurasi yang baik. Hasil uji akurasi keseluruhan disajikan pada Tabel 3-3.

Hasil uji akurasi menunjukkan akurasi keseluruhan/OA sebesar 35.6%. Luas area masing-masing kelas adalah 0.8 Ha untuk kelas *Cymodocea rotundata*, 2.79 Ha untuk kelas *Enhalus acoroides*, 3,7 Ha kelas *Thalassia hemprichii*, dan 3.5 Ha untuk *Halophila ovalis*. Klasifikasi lamun hingga tingkat spesies belum menghasilkan akurasi yang baik. Beberapa hal yang menjadi catatan terkait rendahnya akurasi yang dihasilkan adalah: (1) idealnya waktu pengukuran spektral di lapangan dan waktu perekaman citra berlangsung pada saat yang hampir bersamaan, sehingga kondisi lamun dan kondisi cuaca tidak jauh berbeda; (2) *WorldView-2* memiliki resolusi spasial 1.8 m², sehingga satu piksel seringkali tersusun atas beberapa obyek atau sering disebut dengan *mixel* (*mixedpixel*), adanya *mixel* dapat mempengaruhi reflektansi pada citra sehingga terjadi perbedaan pola spektral lamun di lapangan dan citra; (3) perekaman koordinat menggunakan GPS memiliki presisi 3–5 meter sehingga terjadi pergeseran 2–3 piksel; (4) jumlah saluran pada citra berpengaruh terhadap keterpisahan reflektansi spektral dari lamun.

Penelitian lain melakukan klasifikasi dengan metode SAM pada citra hiperspektral yang memiliki jumlah saluran lebih banyak dibandingkan dengan citra multispektral, karakteristik ini dapat memberikan pola reflektansi spektral obyek yang lebih detail, sebagai informasi dasar dalam analisis obyek menggunakan data hiperspektral sehingga akurasi yang dihasilkan lebih dari 50% (Kutser *et al.*, 2006, Kamal dan Phinn, 2011, Rashmi *et al.*, 2014). Pustaka spektral yang beragam dengan citra yang memiliki jumlah saluran lebih banyak diasumsikan mampu menghasilkan peta klasifikasi dengan akurasi lebih tinggi.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Pemetaan spesies lamun di Pulau Tunda dengan algoritma klasifikasi SAM

telah menghasilkan akurasi keseluruhan yang tertinggi sebesar 35.6%. Hasil tersebut belum menunjukkan akurasi yang baik. Penelitian lain melakukan klasifikasi dengan metode SAM pada citra hiperspektral yang memiliki jumlah saluran lebih banyak dibandingkan dengan citra multispektral, sehingga diasumsikan dapat memberikan pola reflektansi spektral obyek yang lebih detail. Obyek yang homogen dan citra yang memiliki jumlah saluran lebih banyak diharapkan mampu menghasilkan peta klasifikasi dengan akurasi lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik karena adanya bantuan dan dukungan dari semua pihak. Oleh karena itu, terima kasih penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Vincentius P. Siregar, DEA dan Dr. Syamsul Bahri Agus, M.Si, selaku pembimbing. Disamping itu, ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Laboratorium *Remote Sensing* dan Ekologi SEAMEO BIOTROP atas bantuan peminjaman alat selama penelitian. Penulis berterima kasih kepada rekan-rekan tim Pulau Tunda yang juga banyak membantu selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

- Azkar M. H., 2000. *Struktur dan Fungsi pada Komunitas Lamun*, Oseana, 3(25): 9-17.
- Bortone S. A., 2000. *Seagrasses: Monitoring, Ecology, Physiology, and Management*. CRC Press.
- Christon, Djunaedi O S, P P. N., 2012. *Pengaruh Tinggi Pasang Surut Terhadap Pertumbuhan dan Biomassa Daun Lamun Enhalus Acoroides di Pulau Pari Kepulauan Seribu Jakarta*, Jurnal Perikanan dan Kelautan, 3(3): 287-294.
- Congalton R. G., Green K., 2008. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices*. CRC press.

- Danoedoro P., 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*, Yogyakarta Andi Offset.
- Durako M. J., 2007. *Leaf Optical Properties and Photosynthetic Leaf Absorptances in Several Australian Seagrasses*, *Aquatic Botany*, 87(1): 83-89.
- Felde G. W., Anderson G. P., Cooley T. W., Matthew M. W., Adler-Golden S. M., Berk A., Lee J., 2003. *Analysis of Hyperion Data with the Flaash Atmospheric Correction Algorithm*, Pages 90-92. Geoscience and Remote Sensing Symposium, Proceedings : IEEE International.
- Fyfe S. K., 2003. *Spatial and Temporal Variation in Spectral Reflectance: are Seagrass Species Spectrally Distinct?* *Limnology and Oceanography*, 48(1): 464-479.
- Fyfe S. K., 2004. *Hyperspectral Studies of new South Wales Seagrasses with Particular Emphasis on the Detection of Light Stress in Eelgrass Zostera Capricorni*, University of Wollongong, Australia.
- Globe D., 2009. *The Benefits of the 8 Spectral Bands of Worldview-2*, 12: White Paper.
- Green E. P., Mumby P. J., Edwards A. J., Clark C. D., 2000. *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*, France. UNESCO.
- Helmi M., Hartoko A., Herkiki S., Munasik M., Wouthuyzen S., 2012. *Analisis Respon Spektral dan Ekstraksi Nilai Spektral Terumbu Karang pada Citra Digital Multispektral Satelit Alos-Avnir di Perairan Gugus Pulau Pari, kepulauan seribu, jakarta*, *Buletin Oseanografi Marina*. 1(120-136).
- Indarto, 2014. *Teori dan Praktek Penginderaan Jauh*, Yogyakarta Andi Offset
- Kamal M., Arjasakusuma S., 2010. *Ekstraksi Informasi Penutup Lahan Menggunakan Spektrometer Lapangan Sebagai Masukan Endmember pada Data Hiperspektral Resolusi Sedang*, *Jurnal Ilmiah Geomatika Vol. 16(2)*.
- Kamal M., Phinn S., 2011. *Hyperspectral Data for Mangrove Species Mapping: a Comparison of Pixel-Based and Object-Based Approach*, *Remote Sensing*. 3(10): 2222-2242.
- Kiswara W., 2010. *Studi Pendahuluan: Potensi Padang Lamun Sebagai Karbon Rosot dan Penyerap Karbon di Pulau Pari, teluk Jakarta*, *LIPI*, 36(3): 361-376.
- Kutser T., Miller I., Jupp D. L., 2006. *Mapping Coral Reef Benthic Substrates using Hyperspectral Space-Borne Images and Spectral Libraries*, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(3): 449-460.
- Lillesand T., Kiefer R. W., Chipman J., 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*, United States of America John Wiley & Sons.
- Lyons M., Phinn S., Roelfsema C., 2011. *Integrating Quickbird Multi-Spectral Satellite and Field Data: Mapping Bathymetry, Seagrass Cover, Seagrass Species and Change in Moreton Bay, Australia in 2004 and 2007*, *Remote Sensing*. 3(1): 42-64.
- Martínez P. J., Pérez R. M., Plaza A., Aguilar P. L., Cantero M. C., Plaza J., 2006. *Endmember Extraction Algorithms from Hyperspectral Images*.
- Myint S. W., Gober P., Brazel A., Grossman-Clarke S., Weng Q., 2011. *Per-Pixel Vs. Object-Based Classification of Urban Land Cover Extraction using High Spatial Resolution Imagery*, *Remote Sensing of Environment*, 115(5): 1145-1161.
- Optic O., 2009. *Spectra Suite Spectrometer Operating Software*, United State of America Inc. World Headquarters.
- Poedjirahajoe E., Mahayani N. P. D., Sidharta B. R., Salamuddin M., 2013. *Tutupan Lamun dan Kondisi Ekosistemnya di Kawasan Pesisir Madasanger, Jelenga, dan Maluku Kabupaten Sumbawa Barat*, *Seagress Coverage and Ecosystem Condition at the Coastal Area of Madasanger, Jelenga and Maluku, West Sumbawa*, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(1): 37.
- Pu R., Bell S., Baggett L., Meyer C., Zhao Y., 2012. *Discrimination of Seagrass Species and Cover Classes with in Situ Hyperspectral Data*, *Journal of Coastal Research*, 28(6): 1330-1344.
- Rashmi S., Addamani S., Venkat S., 2014. *Spectral Angle Mapper Algorithm for*

Remote Sensing Image Classification,
IJISSET-International Journal of
Innovative Science, Engineering &
Technology, 50(4): 201-205.

Tamondong A. M., Blanco A. C., Fortes M. D.,
Nadaoka K., 2013. *Mapping of*

*Seagrass and Other Benthic Habitats in
Bolinao, Pangasinan using Worldview-2
Satellite Image*, 1579-1582, Geoscience
and Remote Sensing Symposium
(IGARSS): IEEE International.